

⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 16 283 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 K 7/00**  
F 16 K 7/12

⑦① Aktenzeichen: 198 16 283.9  
⑦② Anmeldetag: 11. 4. 98  
⑦④ Offenlegungstag: 14. 10. 99

DE 198 16 283 A 1

⑦① **Anmelder:**

FESTO AG & Co, 73734 Esslingen, DE

⑦④ **Vertreter:**

Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter &  
Abel, 73728 Esslingen

⑦② **Erfinder:**

Stoll, Kurt, Dr., 73732 Esslingen, DE; Weinmann,  
Michael, Dr., 73655 Plüderhausen, DE; Post, Peter,  
Dr., 73760 Ostfildern, DE; Vollmer, Herbert, Dr.,  
73274 Notzingen, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

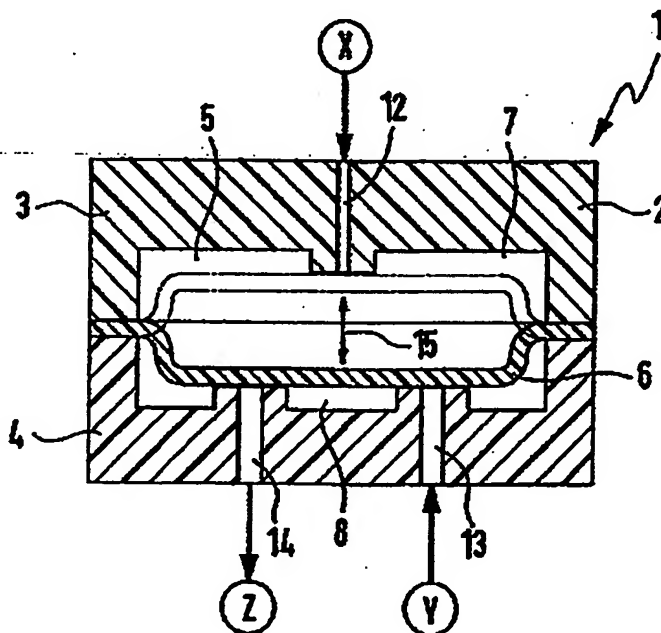
|    |               |
|----|---------------|
| DE | 195 22 806 A1 |
| DE | 44 22 943 A1  |
| US | 51 42 781     |
| US | 48 58 883     |
| EP | 08 45 603 A1  |
| WO | 92 20 942 A1  |

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Mengenverstärkereinrichtung für Fluidströme**

⑤⑦ Es wird eine Mengenverstärkereinrichtung für Fluidströme vorgeschlagen, die über mindestens einen durch Mikrostrukturierungsverfahren hergestellten, fluidgesteuerten mikromechanischen Mengenverstärker (2) verfügt. Er erhält eine durch zwei Schichtkörper (3, 4) begrenzte Kammer, die von einer beweglichen Steuermembran (6) unterteilt ist. Durch Fluidansteuerung läßt sich die Steuermembran (6) zwischen einer Offenstellung und einer Schließstellung umschalten, in der sie die Verbindung zwischen einem Zuströmkanal (13) und einem Abströmkanal (14) steuert.



DE 198 16 283 A 1

Auf dem Sektor der fluidischen Mikrosteuerungstechnik sind durch Mikrostrukturierungsverfahren hergestellte Mikroventile bekannt, die die Steuerung kleiner und kleinster Fluidströme ermöglichen. Die EP 0 485 739 A1 beschreibt eine mögliche Bauform für ein derartiges Mikroventil, wobei eine aus einem Silizium-Träger herausstrukturierte Ventilplatte durch elektrostatische Aktoren betätigt werden kann, um eine Fluidströmung zu steuern.

Nachteilig bei dem bekannten Mikroventil ist der begrenzte steuerbare Fluiddurchsatz. Bedingt durch die elektrostatischen Aktoren kann ein nur geringer Hub der Ventilplatte realisiert werden, was die zur Verfügung stellbaren Strömungsquerschnitte begrenzt. Zur Steuerung von Fluidströmen größeren Durchsatzes muß daher meist auf konventionelle Ventiltechnik zurückgegriffen werden, was entsprechend größere Bauvolumina zur Folge hat.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Möglichkeiten zu schaffen, die auch auf dem Sektor der fluidischen Mikrosteuerungstechnik die Steuerung von Fluidströmen größerer Strömungsraten gestattet.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einer Mengenverstärkereinrichtung für Fluidströme, die mindestens einen durch Mikrostrukturierungsverfahren hergestellten, fluidgesteuerten mikromechanischen Mengenverstärker enthält, der eine durch zwei Schichtkörper begrenzte Kammer aufweist, die von einer beweglichen Steuermembran in einen mit einem Steuerkanal kommunizierenden Steuerraum und einen mit einem Zuströmkanal und einem Abströmkanal kommunizierenden Überströmraum unterteilt ist, wobei die Steuermembran in Abhängigkeit von dem am Steuerkanal anstehenden Steuerdruck in eine den Zuströmkanal und den Abströmkanal verschließende Schließstellung oder eine diese beiden Kanäle freigebende und damit ein Überströmen von Fluid zwischen dem Zuströmkanal und dem Abströmkanal ermöglichende Offenstellung bewegbar ist.

Mit einer derartigen Mengenverstärkereinrichtung lassen sich Mikrobauweisen einerseits und die Steuerung großer Fluidmengen andererseits in vorteilhafter Weise kombinieren. Der Kern der Mengenverstärkereinrichtung ist im einfachsten Fall von einem mikromechanischen Mengenverstärker in Membranbauweise gebildet, der durch beliebige Mikrostrukturierungstechnologien hergestellt werden kann. Als Steuerelement kommt eine Steuermembran zum Einsatz, die zumindest partiell über biegeflexible Eigenschaften verfügt und deren momentane Schaltstellung durch den am Steuerkanal angelegten Steuerdruck vorgegeben werden kann. Bei Anliegen eines ausreichend hohen Steuerdruckes am Steuerkanal wird die Steuermembran dicht an die Mündungen des Zuströmkanals und des Abströmkanals gedrückt, so daß die Verbindung zwischen diesen beiden Kanälen abgesperrt ist. Der ausreichende hohe Steuerdruck kann beispielsweise durch die Wahl eines geeigneten Steuerdruckniveaus oder durch geeignete Flächenunterschiede der Steuermembran erzielt werden. Bei entferntem oder in geeigneter Weise reduziertem Steuerdruck hebt die Steuermembran von den vorerwähnten Mündungen ab, so daß ein am Zuströmkanal anstehendes Fluid, beispielsweise Druckluft, durch den Überströmraum hindurch zum Abströmkanal überströmen kann. Die über den fluidischen und vorzugsweise pneumatischen Steuerdruck verursachte Betätigung der Steuermembran gestattet dabei die Realisierung relativ großer Schaltwege und dementsprechend die Bereitstellung großer Strömungsquerschnitte in der Offenstellung, so daß mit einer geringen Menge an Steuerfluid trotz Mikrobauweise große Mengen an Arbeitsfluid gesteuert werden können. Auf dem Sektor der Pneumatik eignet sich die Mengen-

verstärkereinrichtung außer für Überdruckanwendungen ebenso für Vakuumanwendungen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die Herstellung der Mengenverstärkereinrichtung und der zu dieser gebörenden Mengenverstärker ist prinzipiell mit allen relevanten Mikrostrukturierungsverfahren möglich. Nur beispielhaft sei die Herstellung in Siliziumtechnologie oder durch Abformtechnik genannt. Die Steuermembran kann separat gefertigt und anschließend durch Klebeverbindung an den Schichtkörpern fixiert sein, daneben wäre auch eine unmittelbare Anformung zum Beispiel durch Aufschleudern möglich, nachdem der zugehörigen Schichtkörper erforderlichenfalls zuvor planarisiert worden ist.

Ein besonderer Vorteil der Mengenverstärkereinrichtung besteht darin, daß in ihr eine Mehrzahl von mikromechanischen Mengenverstärkern unter geeigneter fluidtechnischer Verknüpfung zusammengefaßt werden kann. Dies gestattet die Realisierung kaskadierter Anordnungen oder höherwertiger Ventilfunktionen. Bei einer besonders zweckmäßigen Bauform sind drei mikromechanische Mengenverstärker derart fluidtechnisch miteinander verknüpft, daß sich eine Dreiweg-Ventilschaltfunktion realisieren läßt. Entsprechend der gewählten Verknüpfung läßt sich hier problemlos eine Charakteristik "normalerweise geschlossen" ("normally closed") oder "normalerweise offen" ("normally open") realisieren, in Abhängigkeit vom jeweiligen Anwendungsfall.

Um eine 3/2-Ventilfunktion zu erhalten, verfügt die Mengenverstärkereinrichtung zweckmäßigerweise über zwei Mengenverstärker, die derart miteinander verknüpft sind, daß der Zuströmkanal des einen mit dem Abströmkanal des anderen Mengenverstärkers verbunden ist und beide vorgenannten Kanäle mit einem gemeinsamen Arbeitskanal kommunizieren, wobei der Steuerkanal des einen Mengenverstärkers über einen Vorsteuerkanal mit dem Abströmkanal eines zur Vorsteuerung herangezogenen dritten Mengenverstärkers (Vorsteuer-Mengenverstärker) verbunden ist, dessen Steuerkanal mit dem Steuerkanal des anderen Mengenverstärkers der beiden erstgenannten Mengenverstärker kommuniziert. Hierbei ist es zweckmäßig, wenn der Vorsteuerkanal mit einem zur Umgebung führenden Entlüftungskanal verbunden ist, der bei abgesperrtem Abströmkanal des Vorsteuer-Mengenverstärkers eine Entlüftung des Vorsteuerkanals gestattet. Hier kann ein ständig offener, mit einem Strömungswiderstand versehener Entlüftungskanal vorgesehen sein, was auch als "Bleed-Resistor" oder "Normleak" bezeichnet werden könnte. Alternativ hierzu könnte auch ein schaltbares Absperrventil vorgesehen sein, dessen Ansteuerung mit der Ansteuerung des Vorsteuer-Mengenverstärkers gekoppelt ist.

Zur Ansteuerung mindestens eines und vorzugsweise einer Gruppe von Mengenverstärkern verfügt die Mengenverstärkereinrichtung zweckmäßigerweise über wenigstens ein in Mehrschichtenbauweise ausgeführtes mikromechanisches Steuerventil, das dem Steuerkanal wenigstens eines Mengenverstärkers zugeordnet ist, um dessen Steuerdruckbeaufschlagung und somit die Druckbeaufschlagung des oder der angeschlossenen Steuer Räume zu beeinflussen. Da der mikromechanische Mengenverstärker seitens des Steuerkanals mit nur geringen Fluidmengen beaufschlagt werden muß, läßt sich hier zur Ansteuerung bzw. Vorsteuerung ein übliches Mikroventil mit elektrischer Aktuierung einsetzen. Eine mögliche Bauform für ein Steuerventil gibt die EP 0 485 739 A1 wieder, wobei zweckmäßigerweise entweder ein 3/2-Wegeventil oder zwei 2/2-Ventile eingesetzt werden könnten.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung verfügt

die Mengenverstärkereinrichtung über eine Baueinheit, in der mindestens ein mikromechanischer Mengenverstärker und mindestens ein mikromechanisches Steuerventil zu einer Baueinheit zusammengefaßt sind. Hier ist vor allem auch eine besonders günstige Herstellung möglich, da die verschiedenen Schichtkörper des oder der Mengenverstärker und des oder der Steuerventile zumindest teilweise als bauliche Einheit ausgeführt und hierzu gemeinsam prozessiert werden können.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Fig. 1 eine erste Bauform der erfindungsgemäßen Mengenverstärkereinrichtung, enthaltend einen einzigen mikromechanischen Mengenverstärker, der im Querschnitt abgebildet ist, wobei die Steuermembran in der Schließstellung gezeigt ist und ergänzend strichpunktiert ihre Offenstellung angedeutet ist,

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mengenverstärkereinrichtung, die über drei zu einer 3/2-Schaltfunktion verknüpfte Mengenverstärker und ein zur Ansteuerung dienendes mikromechanisches Steuerventil verfügt, wobei die Gesamtanordnung zu einer Baueinheit zusammengefaßt ist und strichpunktiert zusätzliche Deckschichtkörper angedeutet sind, in denen verbindende Fluidkanäle verlaufen können, das Ganze im Schnitt rechtwinklig zu den Ausdehnungsebenen der einzelnen Schichten,

Fig. 3 die Membranverstärkereinrichtung gemäß Fig. 2 in einem Schnitt parallel zur Ausdehnungsebene der Schichten gemäß Schnittlinie IV-IV, wobei strichpunktiert ein optionaler Ergänzungsbestandteil dargestellt ist, der ein nicht näher gezeigtes, einem Entlüftungskanal zugeordnetes schaltbares Absperrventil enthält, und

Fig. 4 eine schematische Darstellung des Aufbaues und der internen fluidtechnischen Verknüpfung der einzelnen Bestandteile der Mengenverstärkereinrichtung gemäß Fig. 2 und 3.

Beginnend mit Fig. 1 ist eine Mengenverstärkereinrichtung 1 gezeigt, die über einen einzigen fluidgesteuerten mikromechanischen Mengenverstärker 2 verfügt. Dieser Mengenverstärker 2 ist durch ein beliebiges geeignetes Mikrostrukturierungsverfahren in Schichtbauweise hergestellt.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt der Mengenverstärker 2 zwei mit zueinander parallelen Ausdehnungsebenen in Normalenrichtung dieser Ausdehnungsebenen nebeneinander angeordnete Schichtkörper 3, 4, die in Siliziumtechnik hergestellt sind. Die Schichtkörper 3, 4 begrenzen zwischen sich eine zum Beispiel durch Ätzung eingeformte Kammer 5, in der eine beispielsweise aus Kunststoffmaterial bestehende, wenigstens partiell biegeflexible oder zumindest biegeflexibel aufgehängte Steuermembran 6 angeordnet ist.

Die Steuermembran 6 ist randseitig im Verbindungsbe-  
reich zwischen den beiden Schichtkörpern 3, 4 festgelegt und unterteilt die Kammer 5 in einen dem einen Schichtkörper 3 zugewandten Steuerraum 7 und einen dem anderen Schichtkörper 4 zugewandten Überströmraum 8. Alternativ könnte die Steuermembran auch ohne randseitige Befestigung frei beweglich ausgeführt sein.

Der zwischen der Steuermembran 6 und dem einen, ersten Schichtkörper 3 definierte Steuerraum 7 kommuniziert mit einem Steuerkanal 12, der den ersten Schichtkörper 3 durchsetzt und gegenüberliegend der Steuermembran 6 in den Steuerraum 7 ausmündet.

Der Überströmraum 8 kommuniziert mit einem Zuströmkanal 13 und einem Abströmkanal 14. Diese beiden Kanäle durchsetzen den anderen, zweiten Schichtkörper 4 und münden gegenüberliegend der Steuermembran 6 in den Überströmraum 8 ein.

Die Steuermembran 6 ist rechtwinklig zu ihrer parallel zu den Schichtebenen verlaufenden Ausdehnungsebene gemäß Doppelpfeil 15 in der Kammer 5 beweglich. Hierzu kann sie insgesamt biegeelastisch ausgeführt sein und über eine beim Ausführungsbeispiel vorhandene folienartige Struktur verfügen. Denkbar wäre aber auch eine eher starre Mittelteil, das über biegeflexible und beispielsweise armähnlich ausgeführte Aufhängungsbereiche an den Schichtkörpern 3, 4 festgelegt ist.

Jedenfalls läßt sich die Steuermembran 6 durch die erwähnten Bewegungsmöglichkeiten zwischen einer in Fig. 1 in durchgezogenen Linien dargestellten Schließstellung und einer strichpunktiert dargestellten Offenstellung bewegen. In der Schließstellung überdeckt sie die dem Überströmraum 8 zugewandten Mündungen des Zuströmkanals 13 und des Abströmkanals 14, so daß diese beiden Kanäle vom Überströmraum 8 abgetrennt sind. Dabei ist die Steuermembran 6 von der Mündung des Steuerkanals 12 abgehoben, der demzufolge mit dem Steuerraum 7 kommuniziert. In der Offenstellung deckt die Steuermembran 6 die Mündung des Steuerkanals 12 ab und gibt gleichzeitig die Mündungen von Zuströmkanal 13 und Abströmkanal 14 frei, die somit beide mit dem Überströmraum 8 verbunden sind.

In einer möglichen Betriebsweise steht der Zuströmkanal 13 mit einer Druckquelle Y – vorzugsweise einer Druckluftquelle – in Verbindung und der Abströmkanal 14 führt zu einem Verbraucher Z. Der Steuerkanal 12 ist gesteuert mit einer Steuerdruckquelle X verbindbar, wobei die momentane Stellung der Steuermembran 6 von dem am Steuerkanal anstehenden Steuerdruck abhängt.

In der Regel wird der am Zuströmkanal 13 anstehende Druck dem am Steuerkanal 12 anlegbaren Druck entsprechen, da beide Kanäle aus der gleichen Fluidquelle gespeist werden können.

Steht am Steuerkanal 12 ein unter einem ausreichenden Steuerdruck stehendes Fluid an, wird die vorliegend als leichte Folie ausgeführte Steuermembran 6 aufgrund der Flächenunterschiede dicht über die Mündungen der Kanäle 13, 14 gelegt, so daß der Verbraucher Z von der Druckquelle Y abgesperrt ist. Ein Entfernen des Steuerdruckes am Steuerkanal 12 führt dazu, daß das am Zuströmkanal 13 anstehende Fluid die Steuermembran 6 von der zugeordneten Mündung abheben und in Richtung zum ersten Schichtkörper 3 verlagern kann. Dabei hebt die Steuermembran 6 auch von der Mündung des Abströmkanals 14 ab und das von der Druckquelle Y stammende Fluid kann durch den Überströmraum 8 hindurch zum Verbraucher Z abströmen.

Die Steuermembran 6 ist somit fluidisch und insbesondere pneumatisch angesteuert. Dies gestattet die Realisierung großer Membranhübe in Bewegungsrichtung 15 und dementsprechend in der Offenstellung die Gewährleistung großer Strömungsquerschnitte. Mit nur geringen Durchflußwerten seitens des Steuerkanals 12 können somit große Durchflußwerte seitens des Zuströmkanals 13 und des Abströmkanals 14 gesteuert und ein angeschlossener Verbraucher somit trotz Mikrobauweise mit hohen Strömungsraten versorgt werden.

Somit liegt ein mikromechanischer Mengenverstärker in Membranbauweise vor, der sich vor allem in mikropneumatischen Anwendungen optimal zur Steuerungen von Fluidströmen einsetzen läßt. Dabei kann er für sich allein verwendet werden oder auch in Kombination mit weiteren gleichartigen Mengenverstärkern, um Mengenverstärkereinrichtungen zu erhalten, die komplexere Verstärkerschaltungen ermöglichen. Ein mögliches Ausführungsbeispiel für eine derartige Mehrfachanordnung wird später anhand der Fig. 2 bis 4 erläutert.

Bei einer möglichen Herstellungsart des Mengenverstär-

kers 2 werden die beiden Schichtkörper 3, 4 in Siliziumtechnik prozessiert. So kann im Falle des zweiten Schichtkörpers 4 ausgehend von einem Siliziumwafer zunächst der Überströmraum 8 durch ein Ätzverfahren herausstrukturiert werden. Die Vertiefung wird anschließend mit einem Resist aufgefüllt und planarisiert. Darauf wird aus Kunststoffmaterial die Steuermembran 6 aufgeschleudert. Anschließend werden der Zuströmkanal 13 und der Abströmkanal 14 herausstrukturiert und durch diese Kanäle hindurch der Resist entfernt, so daß eine Einheit bestehend aus dem zweiten Schichtkörper 4 und der Steuermembran 6 vorliegt. Abschließend ist nur noch der ebenfalls aus einem Siliziumwafer strukturierte erste Schichtkörper 3 in geeigneter Weise aufzukleben.

Es versteht sich, daß auch andere Mikrostrukturierungsverfahren bei der Herstellung zur Anwendung gelangen können. So könnten die Schichtkörper 3, 4 beispielsweise aus Kunststoffmaterial bestehen und die Steuermembran 6 könnte auf der Basis von Siliziummaterial hergestellt sein, beispielsweise in Gestalt eines weiteren zwischengefügten Schichtkörpers.

Soweit zur Abdichtung der Kanalmündungen Dichtsitze erforderlich sind, können diese nach Wahl an den Schichtkörpern 3, 4 und/oder an der Steuermembran 6 vorgesehen werden.

Die Mengenverstärkereinrichtung läßt sich allgemein überall dort einsetzen, wo kleine Durchflüsse verstärkt werden sollen, beispielsweise im Zusammenhang mit pneumatischen Meßastern oder als fluidisch betätigtes Ventil. Die Aufhängung der Steuermembran 6 kann ein oder mehrseitig erfolgen, es ist sowohl ein fluidundurchlässiger als auch ein fluiddurchlässiger Aufbau möglich. Insgesamt ist die Werkstoffauswahl des Mengenverstärkers in weiten Grenzen möglich, wobei außer Silizium und Polymer auch zum Beispiel amorphe Metalle oder Werkstoffkombinationen zur Anwendung gelangen können.

Es wäre auch denkbar, den Mengenverstärker 2 zusätzlich mit einem Mikroaktor auszustatten, der zusätzlich zur fluidbetätigten Umschaltung der Steuermembran in beliebiger Abstimmung hierzu eingesetzt werden kann. Im Rahmen des Grundprinzips des Mengenverstärkers sind vielfältige Ausgestaltungen denkbar.

Das in den Fig. 2 bis 4 gezeigte weitere Ausführungsbeispiel einer Mengenverstärkereinrichtung 1' zeichnet sich durch das Vorhandensein mehrerer zu einer Verstärkereinheit 16 zusammengefaßter und fluidtechnisch miteinander verknüpfter mikromechanischer Mengenverstärker 2 aus. Das konkrete Ausführungsbeispiel verfügt über insgesamt drei Mengenverstärker 2, die zur besseren Unterscheidung mit Bezugsziffern 2', 2'' und 2''' bezeichnet sind. Die fluidische Verschaltung ist beispielsweise so realisiert, daß eine über einer einfachen Zweige-Schaltfunktion liegende höherwertige Ventilfunktion erzeugt wird, bei der es sich im vorliegenden Fall um eine 3/2-Schaltfunktion handelt.

Zunächst sei anhand der Fig. 4 der grundsätzliche schaltungstechnische Aufbau einer besonders vorteilhaften Ausgestaltungsweise erläutert.

Demnach enthält die Mengenverstärkereinrichtung 1' einen ersten Mengenverstärker 2' und einen zweiten Mengenverstärker 2'', die derart miteinander verknüpft sind, daß der Zuströmkanal 13' des ersten Mengenverstärkers 2' mit dem Abströmkanal 14'' des zweiten Mengenverstärkers 2'' verbunden ist. Diese beiden Kanäle 13', 14'' kommunizieren darüber hinaus mit einem gemeinsamen Arbeitskanal A, der mit einem zu betreibenden Verbraucher verbindbar ist, beispielsweise mit einem pneumatischen Miniaturzylinder.

Der Zuströmkanal 13'' des zweiten Mengenverstärkers 2'' steht mit einer Druckquelle P in Verbindung, die ein unter

einem Arbeitsdruck stehendes fluidisches Druckmedium liefert.

Der Abströmkanal 14' des ersten Mengenverstärkers 2' steht mit einer Drucksenke R in Verbindung, beispielsweise mit der Atmosphäre.

Der Steuerkanal 12'' des zweiten Mengenverstärkers 2'' ist über einen Vorsteuerkanal 17 an den Abströmkanal 14'' des dritten Mengenverstärkers 2''' angeschlossen. Dabei ist die Länge des Vorsteuerkanals 17 beliebig kurz wählbar, er kann beispielsweise durch unmittelbar ineinander übergehende Steuer- und Abströmkanäle 12'', 14'' definiert sein, wie dies in Fig. 2 zum Ausdruck kommt.

Der dritte Mengenverstärker 2''' repräsentiert praktisch einen Vorsteuer-Mengenverstärker, der zur Vorsteuerung des zweiten Mengenverstärkers 2'' herangezogen wird. Sein Zuströmkanal 13''' steht mit einer Druckquelle P in Verbindung, die mit derjenigen des Zuströmkanals 13'' des zweiten Mengenverstärkers 2'' identisch sein kann.

Der Steuerkanal 12''' des dritten Mengenverstärkers 2''' steht mit dem Steuerkanal 12'' des ersten Mengenverstärkers 2' in Verbindung. Somit ist eine einheitliche Steuerdruckbeaufschlagung der beiden Steuerkanäle 12'', 12''' möglich.

Die vorerwähnte Steuerdruckbeaufschlagung wird zweckmäßigerweise durch mindestens ein in Mehrschichtenbauweise hergestelltes mikromechanisches Steuerventil 18 gesteuert. Dieses ist beim Ausführungsbeispiel als 3/2-Schaltventil ausgeführt und durch gängige Mikrostrukturierungsverfahren hergestellt. Ein möglicher Aufbau wird in der EP 0 485 739 A1 erläutert, auf die hiermit verwiesen wird, so daß auf Einzelheiten des Aufbaus verzichtet werden kann. Die Betätigung des Steuerventils 18 wird elektrisch ausgelöst, zu welchem Zweck es über geeignete Aktoren verfügt, beispielsweise solche auf elektrostatischem Wirkprinzip.

Der Ausgang 22 des Steuerventils 18 kommuniziert mit den Steuerkanälen 12', 12''' des ersten und dritten Mengenverstärkers 2', 2'''. Darüber hinaus steht das Steuerventil 18 mit einer Steuerdruckquelle X und einer zum Beispiel von der Atmosphäre gebildeten Drucksenke R in Verbindung.

Das Steuerventil 18 ist zweckmäßigerweise als Bestandteil der Mengenverstärkereinrichtung 1' ausgeführt und zu einer aus Fig. 2 und 3 ersichtlichen Baueinheit mit der Verstärkereinheit 16 zusammengefaßt. Dies ermöglicht besonders geringe Abmessungen mit kurzen Fluidwegen und dementsprechend hohem Wirkungsgrad.

Durch die in Fig. 4 gezeigte Verschaltung ergibt sich eine Mengenverstärkereinrichtung 1', die eine 3/2-Ventilfunktion hervorbringt, welche über eine sogenannte "normally closed"-Charakteristik verfügt. In der ersten Schaltstellung des Steuerventils 18 ist dessen Ausgang 22 entlüftet, so daß die beiden Steuerkanäle 12', 12''' des ersten und dritten Mengenverstärkers 2', 2''' drucklos sind. Daher schaltet der dritte Mengenverstärker 2''' durch und am Steuerkanal 12'' des zweiten Mengenverstärkers 2'' steht ein Druck an, der die zugeordnete Steuermembran 6'' in die Schließstellung verlagert. Gleichzeitig kann die Steuermembran 6' des ersten Mengenverstärkers 2' die Offenstellung einnehmen, so daß der Arbeitskanal A über den Zuströmkanal 13', den Überströmraum 8' und den Abströmkanal 14' des ersten Mengenverstärkers 2' entlüftet werden kann.

Ein Umschalten des Steuerventils 18 in die zweite Schaltstellung hat eine Druckbeaufschlagung der beiden Steuerkanäle 12', 12''' mit dem Steuerdruck zur Folge, so daß die Steuermembranen 6', 6'' des ersten und dritten Mengenverstärkers 2', 2''' in Schließstellung umschalten. Somit wird der Arbeitskanal A von der Drucksenke R abgetrennt und kann statt dessen über den Zuströmkanal 13'', den Überströmraum 8'' und den Abströmkanal 14'' des zweiten Men-



genverstärkers 2" von der zugehörigen Druckquelle P mit unter Arbeitsdruck stehendem Druckmedium versorgt werden.

Damit die Steuermembran 6" des zweiten Mengenverstärkers 2" bei geschlossenem drittem Mengenverstärker 2" in die Offenstellung umschalten kann, steht der ihr zugeordnete Steuerkanal 12" mit einem zu einer Drucksenke R führenden Entlüftungskanal 23 in Verbindung. Letzterer kommuniziert beim Ausführungsbeispiel mit dem Vorsteuerkanal 17. Der Entlüftungskanal 23 ermöglicht einen Druckabfall am Steuerkanal 12" und dementsprechend das Umschalten der Steuermembran 6" in die Offenstellung.

Der Entlüftungskanal 23 kann eine ständig offene Verbindung zur Atmosphäre bzw. Drucksenke R darstellen, deren Querschnitt so gering ist, daß ein ausreichender Strömungswiderstand vorliegt, um bei am Vorsteuerkanal 17 anliegendem Steuerdruck einen zu großen Druckabfall und hohe Fluidverluste zu vermeiden. Andererseits soll der Strömungswiderstand nicht zu gering sein, so daß der Vorsteuerkanal 17 bei abgesperrtem Vorsteuer-Mengenverstärker rasch entlüftet wird und der zugeordnete zweite Mengenverstärker 2" ein gutes Ansprechverhalten aufweist.

Strichpunktiert ist in Fig. 4 eine alternative Ausgestaltung des Entlüftungskanals 23" angedeutet. In diesem Falle ist in den Entlüftungskanal 23" ein insbesondere durch elektrische Signale schaltbares Absperrventil 24 eingeschaltet, das zweckmäßigerweise als 2/2-Schaltventil ausgeführt ist. Es sperrt im Normalfall den Entlüftungskanal 23" ab und gibt im betätigten Zustand die Verbindung zwischen dem Vorsteuerkanal 17 bzw. dem Steuerkanal 12" und der Drucksenke R frei, wobei ein ausreichend großer Durchmesser gewählt werden kann, um einen augenblicklichen Druckabfall herbeizuführen.

Es versteht sich, daß anstelle der "normally closed"-Charakteristik auch eine "normally open"-Charakteristik realisiert werden kann, die bei drucklosen Steuerkanälen 12", 12" eine offene Fluidverbindung zwischen dem Arbeitskanal A und der Druckquelle R herstellt. Hierzu bedarf es lediglich eines Vertauschens der Anschlußkonfiguration des Abströmkanals 14" des ersten Mengenverstärkers 2" und des Zuströmkanals 13" des zweiten Mengenverstärkers 2". Angedeutet ist dies in Fig. 4 durch in Klammern gesetzte Bezeichnungen "R" und "P".

Die Integration der drei Mengenverstärker 2', 2", 2" in der Mengenverstärkereinrichtung 1' gemäß Fig. 2 bis 4 geschieht vorzugsweise unter gleichzeitiger Zuordnung eines oder mehrerer Schichtkörper 3, 4 zu unterschiedlichen Mengenverstärkern. So erfolgt bei der Mengenverstärkereinrichtung 1' die Realisierung der Verstärkereinheit 16 unter Verwendung lediglich dreier aufeinanderliegender Schichtkörper 25, was den Herstellungsaufwand gering hält.

Beim Ausführungsbeispiel ist einer der Mengenverstärker 2 – vorliegend der dritte Mengenverstärker 2" – in einer ersten Verstärkerebene 26 angeordnet, während die beiden anderen Mengenverstärker – vorliegend der erste und zweite Mengenverstärker 2', 2" – gemeinsam in einer zweiten Verstärkerebene angeordnet sind, wobei sich die beiden Verstärkerebenen 26, 27 parallel zu den Schichtebenen erstrecken und in Normalenrichtung aufeinanderliegend angeordnet sind. In der gezeigten Darstellung und Ausrichtung der Mengenverstärkereinrichtung 1' liegt die erste Verstärkerebene 26 oberhalb der zweiten Verstärkerebene 27.

Die beim Ausführungsbeispiel vertikal zueinander benachbarten beiden oberen Schichtkörper 25 bilden die beiden Schichtkörper 3", 4" des dritten Mengenverstärkers 2". Gleichzeitig bildet der mittlere Schichtkörper 25 den jeweiligen ersten Schichtkörper 3', 3" des ersten und zweiten Mengenverstärkers 2', 2" und der untere Schichtkörper 25

der Verstärkereinheit 16 repräsentiert in Baueinheit den zweiten Schichtkörper 4', 4" des ersten und zweiten Mengenverstärkers 2', 2". Obgleich es möglich wäre die Schichtkörper 3', 3"; 4', 4" des ersten und zweiten Mengenverstärkers 2', 2" separat auszuführen, empfiehlt sich aus Gründen der einfacheren Herstellung durch gleichzeitiges Prozessieren die jeweils einstückige Vereinigung in jeweils ein und demselben Schichtkörper.

Das Steuerventil 18 ist mit der Verstärkereinheit 16 zu einer Baueinheit 28 körperlich zusammengefaßt. Beim Ausführungsbeispiel ist es in Richtung der Schichtebenen neben der Verstärkereinheit 16 plaziert. Da das Steuerventil 18 ebenfalls einen Mehrschichtaufbau besitzt, bietet es sich an, seine einzelnen Schichtkörper 32 mit paralleler Schichtausrichtung anzuordnen, und insbesondere derart, daß jeweils ein Schichtkörper 25 der Verstärkereinheit 16 in der gleichen Ebene mit einem Schichtkörper 32 des Steuerventils 18 verläuft. Beim Ausführungsbeispiel ist dies realisiert, wobei das Steuerventil 18 vergleichbar der Verstärkereinheit 16 über einen dreischichtigen Aufbau verfügt. In diesem Zusammenhang ist eine weitere zweckmäßige Ausgestaltung dann gegeben, wenn die jeweils in einer gemeinsamen Schichtebene liegenden Schichtkörper 25, 32 der Verstärkereinheit 16 und des Steuerventils 18 einstückig miteinander ausgebildet sind und sich daher gemeinsam herstellen lassen. Damit wird auch der Zusammenbau der Mengenverstärkereinrichtung 1' sehr vereinfacht und es lassen sich Dichtstellen an den Fugebereichen vermeiden.

Anstelle eines Steuerventils 18 mit 3/2-Schaltfunktion könnten beispielsweise auch zwei 2/2-Schaltventile vorgesehen werden.

Die erwähnte Baueinheit 28 könnte bei Bedarf noch durch eine Entlüftungseinheit 33 ergänzt werden – in Fig. 3 strichpunktiert angedeutet –, in der der Entlüftungskanal 23, 23" und insbesondere auch ein gegebenenfalls vorhandenes Absperrventil 24 angeordnet ist. Die Entlüftungseinheit 33 könnte dabei ohne weiteres über einen Schichtaufbau vergleichbar dem Steuerventil 18 verfügen und entsprechend diesem mit den Schichtkörpern 25, 32 der Verstärkereinheit 16 und/oder des Steuerventils 18 gekoppelt oder einstückig ausgeführt sein.

In Fig. 2 sind die beiden großflächigen Außenflächen der beiden äußeren Schichtkörper 25, 32 der Baueinheit 28 mit jeweils einer Deckschicht 34, 34' belegt, die über strichpunktiert angedeutete Fluidkanäle 35 verfügt, welche zur Herstellung interner und externer Verbindungen herangezogen werden können. Insbesondere enthält wenigstens eine der Deckschichten 34, 34' nicht näher dargestellte Anschlußöffnungen, die die Verknüpfung mit weiterführenden Fluidkanälen ermöglichen, die zu einer Druckquelle, einer Drucksenke oder einem oder mehreren Verbrauchern führen.

#### Patentansprüche

1. Mengenverstärkereinrichtung für Fluidströme, mit mindestens einem durch Mikrostrukturierungsverfahren hergestellten, fluidgesteuerten mikromechanischen Mengenverstärker (2), der eine durch zwei Schichtkörper (3, 4) begrenzte Kammer aufweist, die von einer beweglichen Steuermembran (6) in einen mit einem Steuerkanal (12) kommunizierenden Steuerraum (7) und einen mit einem Zuströmkanal (13) und einem Abströmkanal (14) kommunizierenden Überströmraum (8) unterteilt ist, wobei die Steuermembran (6) in Abhängigkeit von dem am Steuerkanal (12) anstehenden Steuerdruck in eine den Zuströmkanal (13) und den Abströmkanal (14) verschließende Schließstellung

oder eine diese beiden Kanäle freigebende und damit ein Überströmen von Fluid zwischen dem Zuströmkanal (13) und dem Abströmkanal (14) ermöglichende Offenstellung bewegbar ist.

2. Mengenverstärkereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerkanal (12) in dem einen Schichtkörper (3) und der Zuströmkanal (13) und der Abströmkanal (14) gemeinsam im anderen Schichtkörper (4) ausgebildet sind.

3. Mengenverstärkereinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtkörper (3, 4) und/oder die Steuermembran (6) als siliziumtechnisch hergestellte Bestandteile ausgeführt sind.

4. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtkörper (3, 4) und/oder die Steuermembran (6) aus Kunststoffmaterial bestehen.

5. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuermembran (6) randseitig zwischen den beiden Schichtkörpern (3, 4) festgelegt ist.

6. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuermembran (6) insgesamt biegeelastisch und vorzugsweise folienartig ausgeführt ist.

7. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch mehrere zu einer insbesondere blockartigen Verstärkereinheit (16) zusammengefaßte und fluidtechnisch miteinander verknüpfte mikromechanische Mengenverstärker (2; 2', 2'', 2''').

8. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch mehrere mikromechanische Mengenverstärker (2; 2', 2'', 2'''), die derart fluidtechnisch miteinander verknüpft sind, daß sie zusammen eine über einer 2/2-Schaltfunktion liegende höherwertige Ventilfunktion ausüben.

9. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch drei zu einer Dreiwege-Schaltfunktion verknüpfte mikromechanische Mengenverstärker (2; 2', 2'', 2'''), die beispielsweise eine "normally closed"- oder eine "normally open"-Charakteristik ermöglichen.

10. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, gekennzeichnet durch zwei Mengenverstärker (2', 2''), die derart miteinander verknüpft sind, daß der Zuströmkanal (13') des einen Mengenverstärkers (2') mit dem Abströmkanal (14'') des anderen Mengenverstärkers (2'') verbunden ist und beide Kanäle (13', 14'') mit einem gemeinsamen Arbeitskanal (A) kommunizieren, wobei der Steuerkanal (12'') des einen Mengenverstärkers (2') über einen Vorsteuerkanal (17) mit dem Abströmkanal (14'') eines Vorsteuer-Mengenverstärkers (2'') verbunden ist, dessen Steuerkanal (12'') zweckmäßigerweise mit dem Steuerkanal (12') des anderen Mengenverstärkers (2') kommuniziert.

11. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerkanal (12) mindestens eines Mengenverstärkers (2) mit einem Entlüftungskanal (23, 23') verbunden ist, der ständig offen und mit einem Strömungswiderstand versehen oder mit einem schaltbaren Absperrentil (24) ausgestattet ist.

12. Mengenverstärkereinrichtung nach Anspruch 11 in Verbindung mit Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorsteuerkanal (17) mit einem Entlüftungskanal (23, 23') verbunden ist.

13. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß dem Steuerkanal (12, 12'') mindestens eines Mengenverstärkers (2, 2'') mindestens ein durch Mikrostrukturierungsverfahren hergestelltes mehrschichtiges mikromechanisches Steuerventil (18) zur Beeinflussung der Druckbeaufschlagung des Steuerkanals zugeordnet ist.

14. Mengenverstärkereinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Baueinheit (28) mit mindestens einem mikromechanischen Mengenverstärker (2) und mindestens einem mikromechanischen Steuerventil (18) enthält.

15. Mengenverstärkereinrichtung nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch eine Baueinheit (28) mit mehrschichtigem Aufbau, wobei eine oder mehrere Schichten vorhanden sind, in denen sowohl ein Schichtkörper (25) eines Mengenverstärkers (2) als auch ein Schichtkörper (32) eines Steuerventils (18) vorgesehen sind.

16. Mengenverstärkereinrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die in einer Ebene liegenden Schichtkörper (25, 32) von Mengenverstärker (2) und Steuerventil (18) einstückig miteinander ausgebildet sind.

17. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder beide äußeren Schichtkörper (25, 32) der Baueinheit (28) an ihrer Außenseite mit einem Deckschichtkörper (34, 34') versehen sind, der einen oder mehrere Fluidkanäle (35) enthält.

18. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Steuerventil (18) über eine 2/2-Schaltfunktion oder über eine 3/2-Schaltfunktion verfügt.

19. Mengenverstärkereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die vorhandenen Bestandteile zu einer integrierten Baueinheit zusammengefaßt sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

